

PCT/FR 2004 / 000942

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 AVR. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



**INPI**  
INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W/ 210

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>24 AVRIL 2003</b> LIEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0305030</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>2 4 AVR. 2003</b> PAR L'INPI		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE <b>Cabinet Hecké</b> <b>World Trade Center - Europole</b> <b>5, place Robert Schuman</b> <b>BP 1537</b> <b>38025 Grenoble Cedex 1</b>	
Vos références pour ce dossier <b>PA1728FR</b> <i>(facultatif)</i>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet Demande de certificat d'utilité Demande divisionnaire <i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		Cochez l'une des 4 cases suivantes <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> N° Date N° Date N° Date	
<b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) <b>Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique à structure alvéolée</b>			
<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5</b> DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité N° de téléphone <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique <b>Commissariat à l'Energie Atomique</b> <b>Etablissement Public de Caractère scientifique, technique et industriel</b> <b>31- 33 rue de la Fédération</b> <b>75752 Paris</b> <b>française</b> N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>24 AVRIL 2003</b> LIEU <b>38 INPI GRENOBLE</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0305030</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI PA1728FR	DB 540 W / 210502
<b>1 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom <b>Hecké</b> Prénom <b>Gérard</b> Cabinet ou Société <b>Cabinet Hecké (S.A.)</b> N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue <b>World Trade Center - Europe</b> Code postal et ville <b>5, place Robert Schuman - BP 1537</b> Pays <b>38025 Grenoble Cedex</b> France N° de téléphone (facultatif) <b>04 76 84 95 45</b> N° de télécopie (facultatif) <b>04 76 84 95 48</b> Adresse électronique (facultatif) <b>hecke@dial.oleane.com</b>		<b>Jouvray</b> <b>Marie-Andrée</b>	
<b>2 INVENTEUR(S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>3 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b> Gérard Hecké CPI 95-1201 Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI D. R. C. R.	

## Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique à structure alvéolée

### 5      **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane absorbante fixée en suspension sur une face avant d'un substrat par des moyens de support isolant  
10      thermiquement la membrane du substrat.

### **État de la technique**

15      Les avancées techniques récentes de la micro électronique du silicium et de la réalisation de couches minces ont donné un nouvel essor à la technologie des détecteurs thermiques de rayonnement infrarouge comportant une membrane absorbante fixée en suspension sur un substrat par des moyens de support.

20      Par ailleurs, la micro-électronique repose sur des procédés collectifs, réalisés au niveau de la plaquette de silicium, dont peuvent aussi profiter les technologies des détecteurs thermiques à de nombreux titres. Ces techniques collectives ouvrent en effet la possibilité de réaliser des matrices de détecteurs de grande complexité, typiquement des matrices de 320x240 détecteurs, et également de  
25      réaliser un grand nombre de matrices sur une seule plaquette de silicium et donc de réduire le coût de fabrication unitaire des détecteurs. Cette propriété, associée au fait que les détecteurs thermiques peuvent fonctionner à température ambiante et s'affranchir de tout système de refroidissement, fait

que cette technologie est particulièrement bien adaptée à la réalisation de systèmes d'imagerie infrarouge faible coût.

5 Les figures 1 et 2 montrent une membrane 1, absorbante vis-à-vis du rayonnement électromagnétique incident, d'un détecteur thermique, maintenue en suspension sensiblement parallèlement à un substrat 2, par des moyens de support comportant deux bras 3 d'isolation thermique, solidaires de la membrane 1 et disposés sensiblement dans le plan de la membrane 1. Les bras 3 sont fixés chacun au substrat 2 par l'intermédiaire de piliers 4 dimensionnés  
10 pour supporter la masse de la membrane. Sous l'effet du rayonnement, la membrane s'échauffe et transmet sa température à un thermomètre disposé sur la membrane, par exemple un thermistor sous forme d'une couche mince déposée sur la membrane.

15 Le substrat 2 peut être constitué par un circuit électronique intégré sur une plaquette de silicium comprenant, d'une part, les dispositifs de stimuli et de lecture du thermomètre et, d'autre part, des composants de multiplexage qui permettent de sérialiser les signaux issus de différents thermomètres et de les transmettre vers un nombre réduit de sorties afin d'être exploités par un  
20 système d'imagerie usuel. Afin d'améliorer la sensibilité du détecteur thermique, les moyens de support sont conçus de manière à isoler thermiquement la membrane 1 absorbante du substrat 2, permettant ainsi de limiter les pertes thermiques de la membrane et, par conséquent, de préserver son échauffement.

25

L'interconnexion électrique entre le thermomètre et les éléments de lecture disposés sur le substrat 2 est généralement assurée par une couche métallique disposée sur les moyens de support.

Une analyse simplifiée de l'échauffement ( $\Theta$ ) de la membrane sous l'effet de la puissance effectivement absorbée ( $P_{abs}(t)$ ) du rayonnement incident peut être réalisée, a priori, sans hypothèse particulière sur la nature du thermomètre. Le bilan de l'échauffement, dépendant de la conductance thermique  $G_{th}$  des moyens de support, représentant les pertes thermiques, et de la capacité thermique  $C_{th}$  de la membrane, représentant l'inertie thermique, peut être exprimé approximativement par l'équation différentielle suivante :

$$C_{th} \frac{d\Theta}{dt} + G_{th} \Theta = P_{abs}(t) .$$

Cette équation trouve comme solution particulière, pour une puissance de rayonnement modulé de manière sinusoïdale à la pulsation  $\omega$ , l'expression :

$$\Theta = \frac{\hat{P}_{abs}(t)}{G_{th} \sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}},$$

où  $\tau$  représente la constante de temps thermique de la membrane définie par  $\tau = C_{th}/G_{th}$ .

Les variations de température de la membrane suivent les variations de puissance du rayonnement incident. Aux fréquences faibles, c'est-à-dire  $\omega\tau \ll 1$ , l'amplitude de l'élévation de température, qui définit le signal délivré par le détecteur, est inversement proportionnelle à  $G_{th}$  :

$$\Theta = \frac{P_{abs}}{G_{th}} .$$

Aux fréquences élevées, c'est-à-dire  $\omega\tau \gg 1$ , le signal du détecteur décroît comme l'inverse de la fréquence de modulation. Cette réduction de sensibilité aux fréquences élevées est d'autant plus marquée que  $C_{th}$  est grand :

$$\Theta = \frac{P_{abs}}{\omega C_{th}} .$$

La transition entre ces deux régimes est caractérisée par la constante de temps thermique  $\tau$ .

5 Il ressort de cette analyse que les caractéristiques fondamentales qui définissent la performance du détecteur thermique sont la conductance thermique  $G_{th}$  et la capacité thermique  $C_{th}$ , que l'on cherche à minimiser afin d'optimiser la sensibilité du détecteur. Par conséquent, des matériaux à faible conductivité thermique sont utilisés pour les moyens de support, et des matériaux de faible chaleur massique sont utilisés pour la membrane  
10 absorbante. De plus, la membrane présente généralement une faible épaisseur.

Afin de minimiser la conductance thermique des moyens de support, l'espace entre la membrane 1 et le substrat 2 (figures 1 et 2) est évacué d'air ou rempli de gaz de faible conductivité thermique. De plus, les bras 3 solidaires de la  
15 membrane 1 présentent souvent une longueur maximale, compatible avec d'autres contraintes. Dans le cas de bras d'isolation thermique simples, représentés à la figure 1, la longueur maximale correspond sensiblement à la dimension de la membrane. Un développement de cette technique consiste à fabriquer des bras d'isolation thermique repliés sur eux-mêmes, en forme de  
20 serpent, présentant ainsi une longueur correspondant à un multiple de la dimension de la membrane. L'inconvénient de cette technique est qu'elle restreint la surface de la membrane absorbante et ainsi la surface effective du détecteur.

25 Le document US 6 144 030 divulgue un micro-bolomètre comportant des bras d'isolation thermique repliés sur eux-mêmes et disposés entre la membrane et le substrat, ce qui permet de conserver la surface effective tout en allongeant les bras d'isolation thermique constituant les moyens de support. Cependant, cette construction présente plusieurs inconvénients :

- Le maintien mécanique des bras en forme de serpent, maintenu en porte-à-faux par un point d'ancrage positionné à l'extrémité du serpent, requiert une augmentation de l'épaisseur des bras et, ainsi, une augmentation de la conductance thermique.
- 5 - Cette construction est mal adaptée à la réalisation de cavités interférentielles, couramment utilisées pour optimiser l'absorption du rayonnement. En effet, les cavités interférentielles les plus performantes sont usuellement réalisées en positionnant une couche métallique réfléchissante, de quelques centaines de nanomètres d'épaisseur, sur le
- 10 substrat. Cette couche réfléchissante constitue, en conjonction avec la membrane, une lame quart d'onde centrée sur la longueur d'onde à détecter. Les bras disposés entre la membrane et le substrat constituent un élément perturbateur critiquable. Pour pallier cette difficulté, il est proposé de positionner la couche réfléchissante sur les moyens de support,
- 15 notamment sur les bras. Cependant, les matériaux réfléchissant l'infrarouge se caractérisent par de très fortes conductivités thermiques préjudiciables à une bonne isolation thermique.
- Cette construction conduit à un accroissement de la masse suspendue, d'autant plus si l'on retient l'option de positionner une couche réfléchissante
- 20 sur les moyens de support. Cette augmentation de masse augmente la constante de temps thermique et la vulnérabilité du détecteur aux agressions mécaniques, par exemple des chocs et des vibrations.
- Enfin, cette construction nécessite, en plus des moyens de fixation des bras au substrat, des moyens de fixations de la membrane aux bras, permettant
- 25 l'interconnexion électrique d'un thermomètre. Ceci se traduit par un accroissement de la complexité de la technologie de réalisation.

Une autre voie de minimisation de la conductance thermique consiste à réduire la section des bras d'isolation thermique ou, plus généralement, des moyens de



support. Cependant, des sections trop faibles détériorent la solidité mécanique du détecteur et peuvent mener à un fléchissement des moyens de support, entraînant un basculement de la membrane jusqu'au contact avec le substrat, court-circuitant ainsi l'isolation thermique.

5

Le basculement peut être empêché par l'adjonction d'une connexion mécanique qui relie deux membranes adjacentes entre elles. L'inconvénient de cette connexion mécanique réside dans le couplage thermique entre les deux membranes, ce qui conduit à une dégradation de la résolution spatiale du dispositif. Un autre moyen pour empêcher le basculement consiste à augmenter le nombre de points d'ancrage des moyens de support sur le substrat, cependant ceci augmente la conductance thermique.

10

En général, l'optimisation des détecteurs thermiques de rayonnement se heurte à un compromis qui met en balance, d'un côté la longueur des moyens de support et d'un autre côté leur section, compromis arbitré par leur tenue mécanique.

15

## 20 **Objet de l'invention**

25

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, de réaliser un détecteur, comportant une membrane absorbante et des moyens de support, présentant un fort pouvoir d'isolation thermique tout en assurant un maintien mécanique renforcé.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que les moyens de support comportent au moins une structure alvéolée.

Selon un développement de l'invention, la structure alvéolée est constituée par une paroi disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat et présentant une pluralité d'orifices transversaux.

- 5 Selon un mode de réalisation préférentiel, la paroi comporte une pluralité de couches minces superposées, séparées par des entretoises.

- Selon un autre mode de réalisation préférentiel, la paroi comporte au moins deux rangées superposées d'arcades constituées par des couches minces, une  
10 première rangée d'arcades étant disposée sur la face avant du substrat, une arcade d'une autre rangée étant disposée sur les parties sommitales de deux arcades adjacentes de la rangée inférieure.

- Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure alvéolée comporte un  
15 plot poreux.

#### **Description sommaire des dessins**

- 20 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

- 25 Les figures 1 et 2 représentent un détecteur thermique selon l'art antérieur respectivement en vue de dessus et en coupe selon l'axe AA.  
Les figures 3, 4, 6 et 7 représentent des modes de réalisation particuliers de l'invention.

La figure 5 illustre le mode de réalisation particulier représenté à la figure 4, en coupe selon l'axe BB.

La figure 8 montre un réseau de résistances, permettant d'estimer les pertes thermiques d'un détecteur selon l'invention par analogie avec un réseau de résistances électriques.

### Description de modes particuliers de réalisation.

10 Les figures 3 à 6 montrent un détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane 1 absorbante, fixée en suspension sur une face avant d'un substrat 2 par des moyens de support isolant thermiquement la membrane du substrat. Les moyens de support  
15 comportent, comme sur la figure 1, deux bras 3 d'isolation thermique, solidaires de la membrane 1 et fixés chacun sur un pilier 4 fin, et deux structures alvéolées. Chaque structure alvéolée est constituée par une paroi disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat 2 et présente une pluralité d'orifices transversaux. Les bras 3 d'isolation thermique s'étendent le long de deux côtés opposés de la membrane et leur longueur correspond  
20 sensiblement à la dimension de la membrane. Chacune des structures alvéolées est disposée respectivement entre l'un des deux bras 3 et le substrat 2 et est en contact avec le bras 3 correspondant par au moins un point d'appui 5 (trois points d'appui sur la figure 3 et un point d'appui unique sur les autres figures). La structure alvéolée peut également être disposée entre la membrane  
25 1 absorbante et le substrat 2, le long d'un bord de la membrane 1 absorbante.

Les parois représentées aux figures 3 à 5 comportent chacune une pluralité de couches minces superposées 6, séparées par des entretoises 7 ou 8. Les entretoises représentées à la figure 3 sont constituées par des cloisons 7,

perpendiculaires au substrat 2, tandis que les entretoises représentées aux figures 4 et 5 sont constituées par des cylindres 8 creux, également disposés perpendiculairement au substrat 2. La structure alvéolée peut revêtir différentes formes : parallélépipédique, comme représenté à la figure 3, pyramidale, pyramidale inverse, etc... La structure alvéolée peut être disposée à différents emplacements sous la structure suspendue, le long des bras 3 d'isolation thermique, comme représenté sur les figures 3 et 4, ou bien au contraire le long d'un côté de la membrane perpendiculaire aux bras 3. Ainsi, la zone située sous la membrane 1 reste libre de tout élément perturbateur susceptible de détériorer le fonctionnement d'une cavité interférentielle entre le substrat 2 et la membrane 1, réalisée par dépôt d'une couche réfléchissante sur le substrat sous la membrane 1 pour améliorer le taux d'absorption du détecteur.

La paroi représentée à la figure 6 comporte trois rangées superposées d'arcades 9 constituées par des couches minces, une première rangée d'arcades 9 étant disposée sur la face avant du substrat 2, chaque arcade d'une des rangées supérieures étant disposée sur les parties sommitales de deux arcades 9 adjacentes de la rangée inférieure.

Dans une variante de l'invention, représentée à la figure 7, la structure alvéolée comporte un plot poreux 10, qui représente par nature une structure alvéolée. Différents matériaux peuvent répondre à cette application, en particulier les oxydes de silicium déposés par les techniques de sol gel, ou bien le silicium poreux obtenu par oxydation anodique en milieu HF du silicium cristallin et qui peut être rapporté sur le substrat 2 servant de support, préalablement à la construction des structures suspendues. Après dépôt, ou le cas échéant report du matériau poreux, la couche poreuse est délimitée par des procédés standard de photolithographie et de gravure afin de définir le plot 10.

Avantageusement, le substrat 2 est en silicium et peut comporter des dispositifs électroniques intégrés permettant de lire et de traiter le signal issu du thermomètre (non-représenté) positionné sur la membrane et mesurant l'élévation de la température de la membrane. Le thermomètre peut être, par exemple, un thermistor ou un capteur pyroélectrique, ferroélectrique ou thermoélectrique. Dans le cas particulier des thermistors, de nombreux matériaux peuvent convenir, notamment les semi-conducteurs, tels que le silicium ou le germanium, amorphe, polycristallin ou cristallin ; les oxydes de métaux, par exemple les oxydes de vanadium, les manganites ; les métaux à fort coefficient de température, par exemple les alliages à base de titane ou encore les alliages de Fe-Ni.

La membrane 1 peut être constituée par le matériau constituant le thermomètre lui-même ou par tout autre matériau, dont la chimie est compatible avec le matériau constituant le thermomètre, par exemple par des oxydes de silicium, des nitrures ou tout autre semi-conducteur diélectrique.

Les bras 3 d'isolation thermique peuvent être réalisés dans au moins un des matériaux qui constituent la membrane 1. Dans ce cas, et si la membrane comporte plusieurs couches suspendues, les bras 3 s'étendent comme un prolongement d'au moins une des couches formant la membrane. Afin d'assurer l'isolation thermique, les bras 3 peuvent être, par exemple, en oxyde de silicium, nitrure de silicium ou en silicium amorphe.

Outre leur rôle de maintien mécanique, les piliers 4 peuvent également assurer l'interconnexion électrique entre les électrodes du thermomètre, qui peuvent se prolonger le long des bras 3 d'isolation thermique, et les entrées de dispositifs électroniques de lecture et de traitement du signal qui sont disposés

avantageusement sur le substrat 2 ou, éventuellement, sur une carte électronique disposée à proximité.

5 Les structures alvéolées soutiennent mécaniquement la membrane 1, apportant au moins un point d'appui 5, sans pour autant augmenter la conductance thermique des moyens de support. Le point ou les points d'appui 5 permettent la réalisation de bras 3 de section réduite, ce qui permet d'atteindre une isolation thermique plus élevée que dans l'art antérieur.

10 Une estimation du pouvoir d'isolation thermique des structures alvéolées permet de mettre en valeur les avantages de l'invention par rapport à l'art antérieur, en considérant un détecteur thermique carré de 25  $\mu\text{m}$  de côté, correspondant aux dispositifs les plus avancés qui sont actuellement en cours de développement pour l'imagerie infrarouge. L'isolation thermique ultime ( $R_{\text{rad}}$ ) d'un détecteur plan  
15 est plafonnée par les pertes radiatives qui dépendent à la fois de la surface ( $S_D$ ) du détecteur et de sa température de fonctionnement ( $T$ ) :

$$R_{\text{rad}} = \frac{1}{4(2S_D)\sigma T^3}$$

où  $\sigma$  est la constante de Stefan-Boltzmann.

20 A température ambiante et pour la taille du détecteur mentionné, l'isolation thermique ultime est théoriquement de 160 MK/W. L'isolation thermique d'un détecteur connu est inférieure car elle est réduite par les pertes thermiques par conduction dans les bras d'isolation thermique. Les valeurs usuelles sont comprises entre 5MK/W et 30 MK/W.

25

La résistance thermique de la structure alvéolée peut être modélisée par un réseau de résistances, représenté à la figure 8. Ce réseau est constitué d'une part de résistances  $R_1$  qui représentent la structure alvéolée, et d'autre part des

résistances  $R_2$  qui correspondent à un des bras 3 d'isolation thermique. On considère une structure alvéolée à quatre niveaux constitués de couches d'oxyde de silicium de largeur de  $1\ \mu\text{m}$  et d'épaisseur de  $6\ \text{nm}$ , séparées les unes des autres par des cloisons verticales dont l'impédance thermique est  
5 négligée. Les cloisons verticales sont réparties uniformément au pas de  $5\ \mu\text{m}$  le long d'un même niveau et sont agencées en quinconce d'un niveau à l'autre. Le bras d'isolation thermique, de largeur de  $1\ \mu\text{m}$ , est constitué d'une couche de  $20\ \text{nm}$  d'oxyde de silicium et d'une couche de  $5\ \text{nm}$  de nitrure de titane. La longueur du bras d'isolation thermique est de  $17\ \mu\text{m}$  et il est constitué de quatre  
10 sections, l'extrémité de chacune venant prendre appui sur la structure alvéolée sous-jacente sur quatre points d'appui 5. Pour un détecteur comportant deux ensembles constitués chacun d'un bras d'isolation thermique et d'une structure alvéolée et compte tenu de la conductivité thermique des matériaux, on trouve une isolation thermique de  $90\ \text{MK/W}$ , soit trois fois supérieure à celle de l'art  
15 antérieur.

En diminuant le nombre de points d'appui 5, l'isolation thermique augmente légèrement. Par exemple, l'isolation thermique obtenue avec un seul point d'appui est de  $98\ \text{MK/W}$ , soit très proche du résultat obtenu avec quatre points  
20 d'appuis.

En diminuant le nombre de niveaux, l'isolation thermique diminue également. Par exemple, l'isolation thermique obtenue avec deux niveaux est de  $72\ \text{MK/W}$ . Une structure avec quatre niveaux correspond donc à un bon compromis pour  
25 un détecteur au pas de  $25\ \mu\text{m}$ , permettant d'améliorer sensiblement l'isolation thermique, tout en limitant le nombre d'opérations nécessaires à sa construction.

Un procédé de réalisation d'un détecteur selon l'invention comporte, avant réalisation de la membrane suspendue, la fabrication de la structure alvéolée.

5 Afin de réaliser la structure alvéolée représentée aux figures 4 et 5, constituée par des couches minces superposées 6, séparées par des cylindres 8 creux, on dépose, sur le substrat 2 ou sur une couche mince 6, et on recuit une couche sacrificielle constituée, par exemple, de polyimide. Puis on grave localement par photolithographie cette couche sacrificielle en réalisant un alignement de trous de diamètre de  $1\text{ }\mu\text{m}$  qui traversent toute l'épaisseur de la couche sacrificielle.

10 Ensuite on réalise le dépôt, par exemple par dépôt en phase vapeur, d'une couche diélectrique d'une épaisseur typique de 10 nm, qui recouvre la couche sacrificielle et qui tapisse les flancs et les fonds des trous de diamètre de  $1\text{ }\mu\text{m}$ . Une étape suivante consiste à délimiter par photolithographie et gravure, l'étendue de la couche diélectrique pour définir la section de la paroi de la

15 structure alvéolée. Ainsi, on obtient une première couche mince 6 disposée sur des cylindres 8 creux. Cette séquence d'opérations est ensuite répétée pour chaque couche mince 6 supplémentaire, en prenant soin de décaler les trous en quinconce d'un niveau à l'autre, par exemple en utilisant un jeu de masques adéquat. Le point d'appui 5 sur l'ensemble des couches minces est réalisé en

20 suivant sensiblement les mêmes étapes. L'étape finale consiste à supprimer les couches sacrificielles, typiquement à l'aide d'une gravure sèche oxydante.

Afin de réaliser la structure alvéolée représentée à la figure 6, constituée par des arcades superposées constituées par des couches minces, on dépose et

25 recuit également une couche sacrificielle. Le choix du matériau constituant la couche sacrificielle se porte sur un matériau qui présente une vitesse de gravure voisine de celle des résines photosensibles couramment utilisées, par exemple un polyimide. Ensuite, on dépose une résine photosensible dans laquelle on délimite, par exemple par insolation à travers un masque et



développement photographique, des ouvertures de largeur adéquate débouchant sur la couche sacrificielle sous-jacente. On procède alors à un traitement thermique qui permet de faire fluer les flancs de la résine de manière à leur conférer une forme d'arc de cercle. La gravure conjointe de la résine et de la couche sacrificielle permet ensuite, de manière connue, de reproduire les structures en arc de cercle dans la couche sacrificielle. Une étape suivante consiste à déposer une couche diélectrique, d'une épaisseur typiquement inférieure à 10 nm, recouvrant la couche sacrificielle et prenant appui sur le substrat sous-jacent aux endroits où la gravure de la couche sacrificielle a été totale. Ensuite, la largeur de la couche diélectrique est délimitée, par exemple à 1  $\mu\text{m}$ , par photolithographie et gravure, de manière à former une rangée d'arcades 9. Comme dans le procédé précédent, la séquence des opérations est répétée pour chaque rangée d'arcades en décalant à chaque fois les arcades d'une demi-période par rapport aux arcades sous-jacentes.

## Revendications

- 5 1. Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane (1) absorbante fixée en suspension sur une face avant d'un substrat (2) par des moyens de support isolant thermiquement la membrane (1) du substrat, détecteur caractérisé en ce que les moyens de support comportent au moins une structure alvéolée.
- 10 2. Détecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure alvéolée est disposée entre la membrane (1) absorbante et le substrat (2), le long d'un bord de la membrane (1) absorbante.
- 15 3. Détecteur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens de support comportent au moins un bras (3) solidaire de la membrane (1) absorbante, chaque structure alvéolée étant disposée respectivement entre le bras (3) correspondant et le substrat (2).
- 20 4. Détecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la structure alvéolée est en contact avec un bras (3) par un point d'appui unique (5).
- 25 5. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure alvéolée est constituée par une paroi disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat (2) et présentant une pluralité d'orifices transversaux.
6. Détecteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que la paroi comporte une pluralité de couches minces (6) superposées, séparées par des entretoises.

7. Détecteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les entretoises sont constituées par des cloisons (7) perpendiculaires au substrat (2).

5 8. Détecteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les entretoises sont constituées par des cylindres (8) creux, disposés perpendiculairement au substrat (2).

10 9. Détecteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que la paroi comporte au moins deux rangées superposées d'arcades (9) constituées par des couches minces, une première rangée d'arcades (9) étant disposée sur la face avant du substrat (2), une arcade (9) d'une autre rangée étant disposée sur les parties sommitales de deux arcades (9) adjacentes de la rangée inférieure.

15 10. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure alvéolée comporte un plot poreux (10).

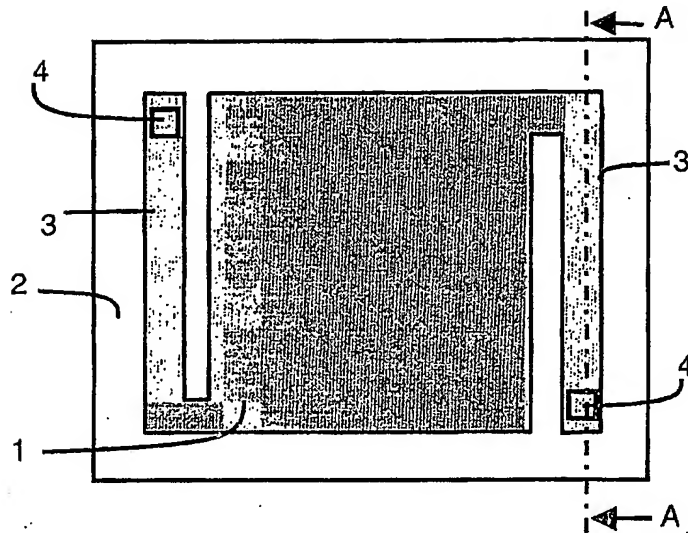


Figure 1 (Art antérieur)

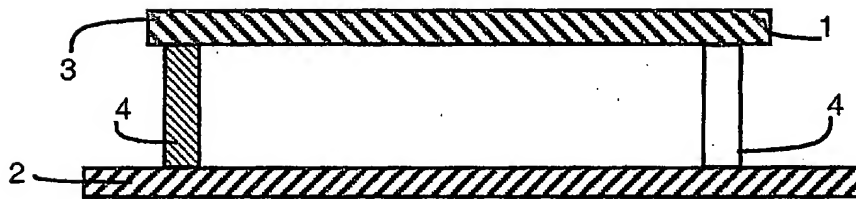


Figure 2 (Art antérieur)

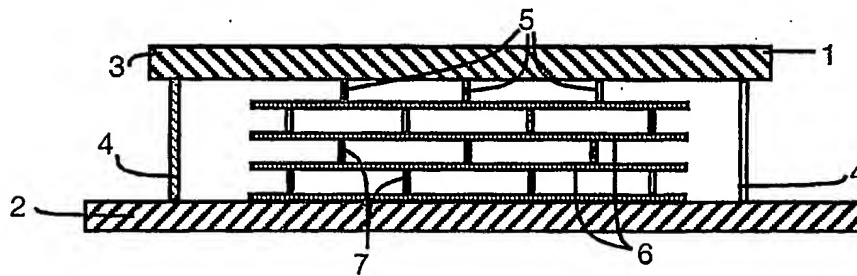


Figure 3

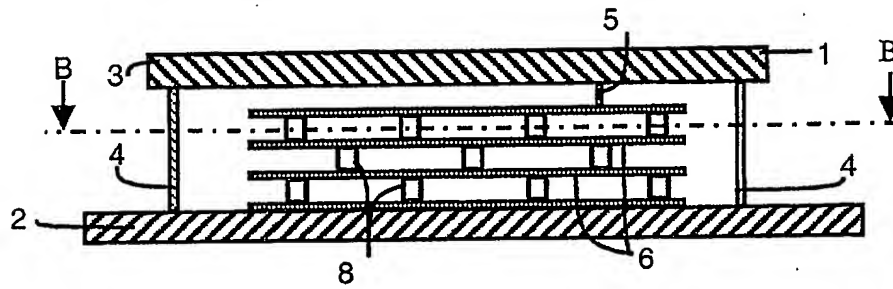


Figure 4

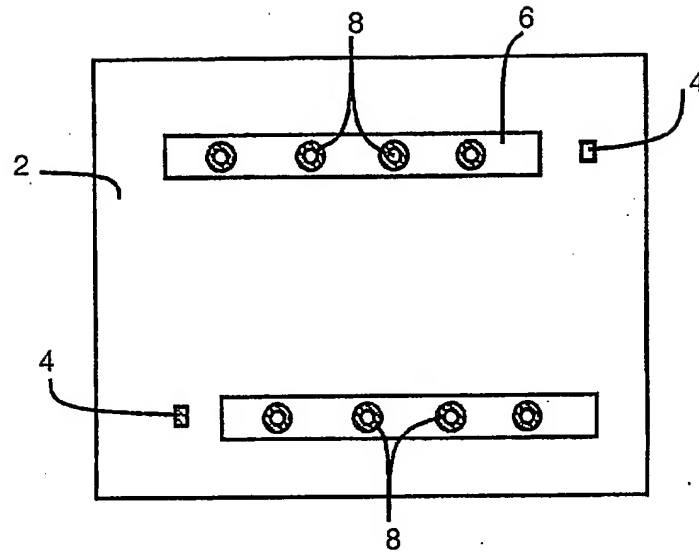


Figure 5

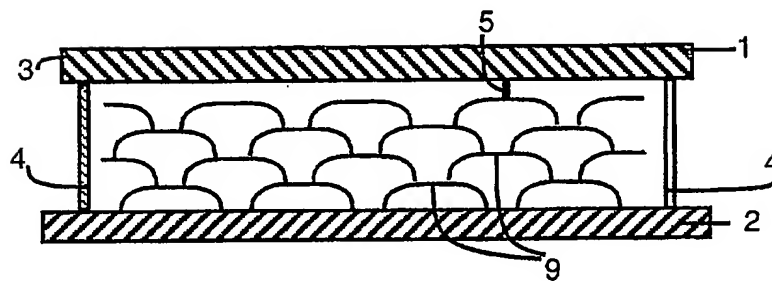


Figure 6

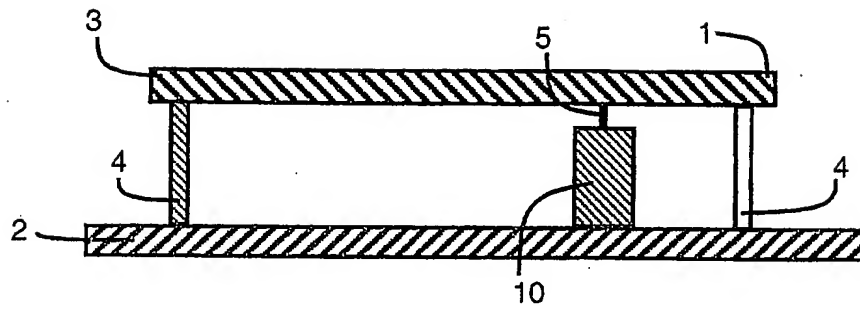


Figure 7

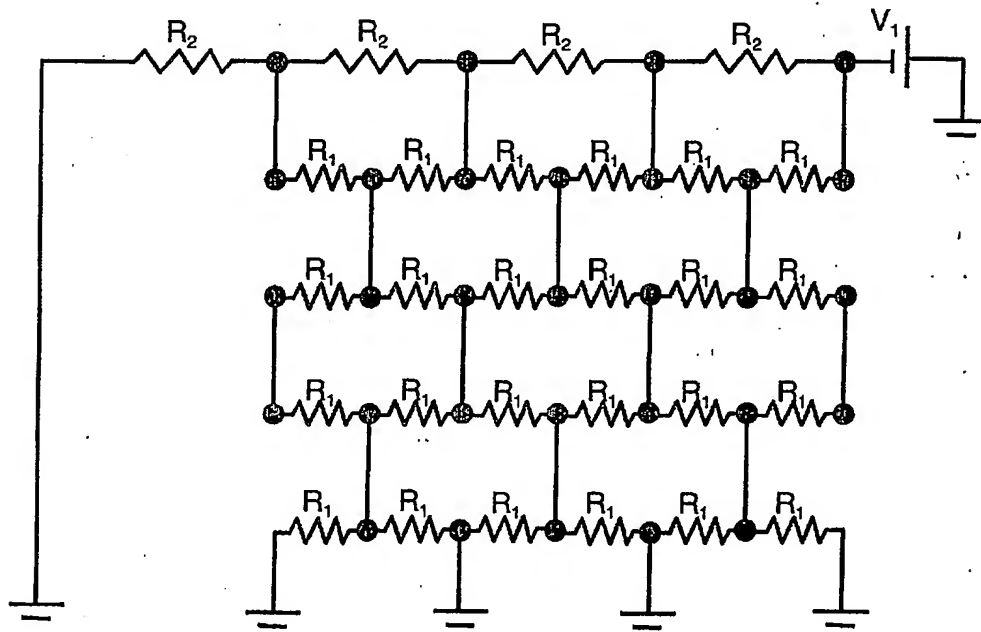


Figure 8

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11235\*03

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1/ 2(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601



Vos références pour ce dossier ( <i>facultatif</i> )		PA1728ER
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0305030
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique à structure alvéolée		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Commissariat à l'Energie Atomique		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Nom	Yon
	Prénoms	Jean-Jacques
Adresse	Rue	56 rue des Chênes
	Code postal et ville	38360 Sassenage
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Nom	Ouvrier-Bufferet
	Prénoms	Jean-Louis
Adresse	Rue	430 Route de la Planche
	Code postal et ville	74320 Sevrier
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Nom	Astier
	Prénoms	Astrid
Adresse	Rue	394 avenue du Chapays
	Code postal et ville	38340 Voreppe
Société d'appartenance ( <i>facultatif</i> )		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Gérard Hecké CPI 95-1201		Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410 

reçue le 21/08/03



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété Intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2/ 2

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 0 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		PA1728FR
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		030503
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique à structure alvéolée		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
Commissariat à l'Energie Atomique		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Nom	Vilain
	Prénoms	Michel
Adresse	Rue	1 rue Terrasses
	Code postal et ville	38450 Saint Georges de Commiers
Société d'appartenance (facultatif)		
<input type="checkbox"/> 2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
<input type="checkbox"/> 3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Gérard Hecké CPI 95-1201  Marie-Andrée Jouvray CPI 01-0410  



PCT/FR2004/000942



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox**